

ANALISIS KOMPARATIF TIPOLOGI FASADE BANGUNAN PADA KAWASAN KOTA LAMA DI INDONESIA

Ahmad Baqir Adrian^{1*}, Tri Seprianto¹, Viata Viriezky¹, Puan Jati M¹ dan Qonitah Khoirunnisa Effendi¹

¹Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia

*E-mail: ahmadbaqiradrian@eng.unila.ac.id

Received: 18 June 2026

Accepted: 06 July 2026

Published: 31 July 2026

Abstrak

Setiap kawasan kota lama di Indonesia menyimpan rekaman fisik perjalanan historis yang unik seperti dinamika budaya, perekonomian, dan kekuasaan kolonial dalam lapisan-lapisan arsitektur yang bertahan hingga kini. Fasade bangunan menjadi elemen paling dominan dalam membaca karakter visual kawasan tersebut karena posisinya sebagai antarmuka langsung antara bangunan dan ruang publik. Meskipun kajian tipologi fasade pada kawasan bersejarah di Indonesia telah berkembang, sebagian besar studi yang ada masih bersifat tunggal dan berfokus pada satu lokasi sehingga pemahaman komparatif lintas kawasan belum terbentuk secara memadai. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi dan membandingkan karakter tipologi fasade bangunan pada lima kawasan kota lama di Indonesia: Glodok (Jakarta), Braga (Bandung), Kembang Jepun (Surabaya), Kota Lama Semarang, dan Kayutangan (Malang). Pendekatan kualitatif komparatif berbasis data sekunder dari literatur ilmiah dan dokumentasi visual akademik digunakan sebagai metode utama. Lima variabel tipologi dianalisis secara sistematis: gaya arsitektur, komposisi bukaan, material fasade, elemen dekoratif, dan bentuk atap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap kawasan memiliki karakter tipologi fasade yang distingtif dibentuk oleh kombinasi unik antara latar historis, pengaruh budaya, fungsi kawasan, dan pola perkembangan perkotaan. Kontribusi utama penelitian ini adalah pengembangan matriks komparatif tipologi fasade lintas kawasan yang merupakan instrumen analitis yang dapat direplikasi untuk kajian kawasan bersejarah lainnya sekaligus menjadi dasar rekomendasi pelestarian berbasis karakter tipologi fasade.

Kata kunci: Tipologi Fasade, Kota Lama, Karakter Visual, Arsitektur Kolonial, Studi Komparatif

Abstract

Each historic district in Indonesia carries a unique physical record of historical trajectories shaped by cultural dynamics, economic activity, and colonial power that persist as architectural strata to this day. Building facades serve as the most dominant element in reading the visual character of these districts, functioning as the direct interface between buildings and the public realm. Although facade typology studies in Indonesian historic districts have grown in number, most remain site-specific, and comparative understanding across districts is yet to be systematically established. This research aims to identify and compare building facade typologies across five Indonesian historic districts: Glodok (Jakarta), Braga (Bandung), Kembang Jepun (Surabaya), Kota Lama Semarang, and Kayutangan (Malang). A qualitative comparative approach drawing on secondary data from scholarly literature and academic visual documentation was employed. Five typological variables were systematically analyzed: architectural style, opening composition, facade materials, decorative elements, and roof form. The

findings reveal that each district exhibits a distinctive facade typology shaped by a unique combination of historical background, cultural influences, urban functions, and development patterns. The main contribution of this research is the development of a comparative matrix of facade typologies across regions, which is an analytical tool that can be replicated for studies of other historic areas and also serves as the basis for preservation recommendations based on facade typology character.

Keywords: *Facade Typology, Historic District, Visual Character, Colonial Architecture, Comparative Study*

Ahmad Baqir Adrian, et al. (2026). Analisis Komparatif Tipologi Fadase Bangunan pada Kawasan Kota Lama di Indonesia. *Jurnal of Infrastructural in Civil Engineering*, Vol. (07), No. 02, pp: 88-103

PENDAHULUAN

Kawasan kota lama di berbagai kota Indonesia menyimpan jejak fisik perkembangan sejarah yang kaya seperti lapisan budaya, ekonomi, dan kekuasaan kolonial terekam dalam wujud bangunan yang bertahan hingga kini. Di antara semua komponen bangunan, fasade atau tampak depan menempati posisi paling strategis karena menjadi antarmuka pertama antara bangunan dengan ruang kota di hadapannya sekaligus membawa muatan simbolik, estetis, dan fungsional yang kompleks [1-2]. Fasade turut membentuk skyline koridor kawasan yang mendefinisikan kualitas ruang jalan sebagai ruang publik [3].

Tipologi fasade di kawasan kota lama umumnya bukan produk satu tradisi arsitektur tunggal melainkan hasil pengaruh kolonial, tradisi lokal, dan kebutuhan iklim tropis [4-5]. Dalam perspektif morfologi perkotaan klasifikasi elemen fisik kawasan termasuk fasade merupakan instrumen utama untuk membaca pola perkembangan dan karakter historis suatu tempat [6-7]. Dengan demikian kajian tipologi fasade tidak hanya relevan secara estetika tetapi juga menjadi kunci dalam upaya pelestarian, peremajaan kawasan, dan pengelolaan karakter lingkungan bersejarah [8-11]. Variasi tipologi yang berbeda-beda dari satu kota ke kota lain menciptakan mozaik visual yang kaya namun belum banyak dikaji secara lintas kawasan. Keberagaman inilah yang menjadi justifikasi utama penelitian komparatif seperti yang dilakukan dalam studi ini.

Penelitian tipologi fasade selama ini cenderung bersifat parsial dan terfokus pada satu Kawasan. Pada Tabel 1 (research gap analysis) setiap studi terdahulu memberikan pemahaman mendalam tentang kawasannya masing-masing namun belum dilakukan pengembangan kerangka komparatif lintas kota secara sistematis. Penelitian ini mengisi kesenjangan tersebut dengan menyusun matriks komparatif tipologi fasade pada lima kawasan sekaligus serta merumuskan implikasi hasilnya bagi pelestarian kawasan bersejarah dan kontribusi yang belum hadir dalam literatur sebelumnya [12].

Kelima kawasan dipilih secara *purposive* karena masing-masing merepresentasikan konteks historis dan budaya yang berbeda: Glodok (Jakarta) merekam akulturasi Tionghoa-Betawi-Barat yang paling kompleks; Braga (Bandung) menampilkan penerapan Art Deco yang paling kohesif di koridor perkotaan Indonesia; Kembang Jepun (Surabaya) mendominasi tipologi ruko Kolonial-Indische; Kayutangan (Malang) memperlihatkan perpaduan kolonial, Neo-Gothic, dan Nieuwe Bouwen; sedangkan Kota Lama Semarang menghadirkan arsitektur pemerintahan kolonial Belanda dengan kubah Gereja Blenduk sebagai penanda skyline ikonik. Kelima kawasan ini menyediakan spektrum tipologi fasade yang luas dan representatif untuk dibandingkan.

TINJAUAN PUSTAKA

Tipologi Fasade dan Morfologi Kawasan Bersejarah

Tipologi dalam arsitektur dipahami sebagai studi klasifikasi bentuk dan karakter bangunan yang didasarkan pada kesamaan struktural, fungsional, dan ekspresi formalnya [10-11]. Tipologi fasade berfungsi sebagai media komunikasi visual antara ruang privat dan ruang publik yang tidak dapat dilepaskan dari konteks sosial-budaya sekaligus membentuk karakter visual koridor kawasannya [2].

Fasade tidak hanya menjadi selubung bangunan, melainkan medium komunikasi antara ruang privat dan ruang publik yang menanggung nilai budaya, estetika, dan fungsi secara bersamaan [1, 3]. Fasade tidak hanya mencerminkan gaya tetapi juga adaptasi terhadap iklim dan budaya setempat [2-3]. Dalam perspektif global terkini, validasi kontemporer atas pendekatan ini diperkuat oleh Jablonska [9] yang dalam studi tipologi fasade bangunan publik di Eropa membuktikan bahwa penggunaan variabel-variabel serupa seperti gaya, bukaan, material, dekorasi, dan atap yang secara sistematis mampu mengungkap perbedaan karakter arsitektural antar periode dan antar kawasan secara konsisten. Ketika diterapkan pada fasade, pendekatan ini mengklasifikasikan elemen visual bangunan untuk mengungkap karakter arsitektur suatu kawasan atau periode tertentu. Dalam konteks ruko (*shophouse*) di Asia Tenggara, Rangkuty dan Widyastuti [12] menemukan bahwa tipologi fasade memberikan lapisan makna budaya yang kompleks melalui elemen atap, bukaan, dan ornamen yang berakulturasi secara bertahap. Novrial dan Rangkuty [13-15] memperkuat temuan ini dengan menunjukkan bahwa pada koridor ruko di Sumatera dengan komposisi ornamen fasade menjadi pembeda tipologi utama antar periode pembangunan yang menjadikan temuan ini relevan dengan kajian fasade untuk konteks kawasan bersejarah Asia Tenggara karena menunjukkan universalitas pendekatan tipologi fasade lintas konteks geografis. Elemen-elemen penting dalam kajian fasade meliputi: (1) gaya arsitektur yang mencirikan periode tertentu seperti Art Deco atau Kolonial Klasik; (2) komposisi dan proporsi bukaan (pintu dan jendela) pada bidang fasade; (3) material yang digunakan mencakup bata, kayu, plester, dan kaca; (4) dekorasi arsitektural berupa ornamen, cetakan, dan detail; serta (5) proporsi, ritme, dan profil atap yang membentuk skyline Kawasan.

Dalam morfologi perkotaan, analisis fisik kawasan termasuk tipologi fasade merupakan cara fundamental untuk memahami sejarah perkembangan suatu kota [6]. Komposisi fasade berperan penting dalam membentuk skyline dan karakter koridor perkotaan yang dimulai dari skala bangunan individual hingga skala kawasan secara keseluruhan [10, 16]. Karakter tipologi fasade yang relatif konsisten pada setiap kawasan menunjukkan pentingnya elemen fasade sebagai pembentuk karakter visual kawasan bersejarah [11]. Dengan demikian, identifikasi tipologi fasade dapat dimanfaatkan sebagai salah satu instrumen dalam mendukung penyusunan strategi konservasi yang kontekstual sesuai karakter masing-masing kawasan.

Dalam konteks konservasi kawasan bersejarah karakter visual fasade merupakan komponen utama dalam menilai keaslian dan integritas suatu kawasan [8]. Pelestarian fasade secara langsung berkontribusi pada pemeliharaan karakter visual kawasan yang membedakannya dari lingkungan lain. Konservasi bertujuan mempertahankan makna sejarah, estetika, dan sosial agar bangunan tetap relevan bagi generasi saat ini [14]. Dalam konteks kawasan kota lama fasade bangunan menjadi medium yang menyampaikan memori kolektif serta karakter arsitektural suatu kawasan [15]. Elemen fisik perkotaan di kota-kota Asia Tenggara termasuk fasade bangunan bersejarah merupakan simbol budaya yang membawa makna sosial dan historis bagi masyarakat yang mendiaminya. Hal ini memperkuat posisi tipologi fasade sebagai objek kajian yang tidak hanya relevan secara arsitektural tetapi juga secara sosial-budaya.

Penelitian Terdahulu (State of Art)

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa tipologi fasade pada kawasan kota lama di Indonesia memiliki karakter yang beragam sebagai hasil interaksi antara sejarah, fungsi, dan latar budaya. Studi pada kawasan Glodok di Jakarta mengidentifikasi adanya akulturasi visual antara budaya Tionghoa, Betawi, dan Barat yang tercermin dalam komposisi fasade ruko, penggunaan balkon, serta bentuk atap khas Tionghoa [18]. Sementara itu koridor Braga di Bandung menunjukkan dominasi gaya Art Deco tipe streamline dengan karakter garis geometris, bukaan kaca lebar, serta komposisi solid-void yang mencerminkan modernitas kolonial [19].

Pada kawasan Kembang Jepun Surabaya tipologi fasade ruko kolonial-Indische cenderung menonjolkan aspek fungsional melalui pintu lebar, jendela kotak, serta penggunaan atap pelana sebagai respons terhadap iklim tropis [20]. Di Kota Lama Semarang, fasade bangunan menunjukkan kesatuan visual melalui ritme bukaan jendela, ekspresi kolom-balok, serta elemen monumental seperti kubah yang membentuk skyline ikonik kawasan [21-22]. Sementara itu kawasan Kayutangan di Malang memperlihatkan tipologi fasade yang lebih heterogen dengan perpaduan gaya kolonial, Neo-Gothic, dan Nieuwe Bouwen [23-24].

Tabel 1. Research Gap Analysis: Posisi Penelitian ini terhadap Studi Terdahulu

Peneliti	Kawasan	Fokus	Metode	Celah terhadap Penelitian Ini
Tiffani & Alimin (2023)	Glodok, Jakarta	Fasade & ruang ruko Tionghoa	Kualitatif, satu kasus	Berfokus pada satu kawasan sehingga belum dilakukan perbandingan tipologi antar kawasan kota lama.
Tantarto et al. (2018)	Braga, Bandung	Kontekstualitas bangunan baru	Kualitatif deskriptif	Menekankan kontekstualitas kawasan Braga sehingga belum mengembangkan kerangka komparatif tipologi fasade lintas kawasan.
Bashiroh (2022); Saputra & Raidi (2023)	K. Jepun, Surabaya	Tipologi fasad ruko	Kualitatif deskriptif	Kajian difokuskan pada karakter ruko di satu kawasan sehingga belum membahas variasi tipologi pada kota lama lainnya.
Setiawan et al. (2020)	Kota Lama, Semarang	Ritme & kesatuan fasade	Literatur & deskriptif	Kajian berfokus pada aspek ritme fasade sehingga belum mengintegrasikan elemen tipologi lainnya secara komprehensif.
Piutanti (2019); Kristiawan & Pratiwi (2022)	Kayutangan, Malang	Tipologi fasade & arsitektur kolonial	Kualitatif, purposive	Menjelaskan tipologi fasade pada satu kawasan sehingga belum menghasilkan sintesis tipologi secara komparatif antar kawasan kota lama.
Penelitian ini (2026)	5 kawasan: Jakarta, Bandung, Surabaya, Semarang, Malang	Tipologi fasade komparatif lintas kawasan	Kualitatif komparatif; matriks tipologi	Mengisi celah: Mengembangkan kerangka komparatif tipologi fasade berbasis lima kawasan kota lama sebagai dasar identifikasi karakter visual dan rekomendasi pelestarian kontekstual.

Penelitian tersebut telah memberikan pemahaman yang mendalam mengenai karakter fasade pada masing-masing kawasan namun sebagian besar masih bersifat parsial dan

berfokus pada satu lokasi tertentu. Pendekatan komparatif lintas kota yang mengidentifikasi pola karakter tipologi fasade masih terbatas dan kajian yang ada umumnya bersifat deskriptif tanpa menyusun sintesis tipologi secara sistematis sebagai dasar analisis yang komprehensif. Penelitian ini berupaya mengisi celah tersebut dengan menyusun matriks komparatif tipologi fasade pada lima kawasan secara bersamaan.

Dari tabel di atas terlihat bahwa penelitian ini melakukan analisis tipologi fasade secara komparatif pada lima kawasan kota lama di Indonesia sekaligus. Kontribusi teoritis yang dihasilkan mencakup : (1) pengembangan kerangka matriks komparatif tipologi fasade yang terstandarisasi dan dapat direplikasi; (2) identifikasi karakter visual yang distingtif pada lima konteks historis berbeda; dan (3) penyusunan dasar konseptual bagi pengembangan strategi pelestarian kawasan berbasis karakter tipologi fasade.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan strategi komparatif untuk menganalisis karakter tipologi fasade bangunan pada kawasan kota lama di Indonesia. Pendekatan kualitatif dipilih karena penelitian ini berfokus pada pemahaman karakter visual serta relasi antara elemen fisik bangunan dengan konteks historis dan budaya yang melatarbelakanginya [25]. Strategi komparatif digunakan untuk mengidentifikasi pola kesamaan dan perbedaan karakter tipologi fasade antar kawasan secara sistematis [26]. Penelitian ini berbasis data sekunder dan bertujuan membangun sintesis komparatif, validitas dijaga melalui triangulasi sumber bukan melalui instrumen statistik yang tidak sesuai dengan paradigma kualitatif dan tidak dapat diverifikasi pada data sekunder.

Data yang digunakan seluruhnya berupa data sekunder yang meliputi sumber tekstual dan visual. Sumber tekstual terdiri dari artikel jurnal, prosiding, buku, dan laporan penelitian yang telah tervalidasi secara akademik. Sumber visual berupa foto dan gambar arsitektural yang dipublikasikan dalam sumber akademik digunakan untuk mendukung identifikasi elemen fisik bangunan [26]. Data visual dipilih berdasarkan dua kriteria: (1) bersumber dari jurnal ilmiah atau laporan penelitian terverifikasi, dan (2) mencerminkan kondisi fisik bangunan dalam rentang waktu 2010–2023 guna menjaga kesebandingan lintas kawasan. Jumlah data visual yang dianalisis per kawasan: Glodok (Jakarta) 12 gambar dari 3 referensi; Braga (Bandung) 10 gambar dari 2 referensi; Kembang Jepun (Surabaya) 8 gambar dari 2 referensi; Kota Lama Semarang 14 gambar dari 3 referensi; dan Kayutangan (Malang) 11 gambar dari 3 referensi sehingga total terdapat 55 gambar fasade dari 13 referensi visual akademik terverifikasi.

Objek penelitian terdiri dari lima kawasan kota lama di Indonesia yaitu Glodok (Jakarta), Braga (Bandung), Kembang Jepun (Surabaya), Kota Lama (Semarang), dan Kayutangan (Malang). Pemilihan kawasan dilakukan secara purposive berdasarkan kriteria: (1) memiliki nilai historis sebagai kawasan kota lama yang terdokumentasi; (2) menunjukkan keberagaman karakter tipologi fasade yang representatif; (3) memiliki fungsi kawasan yang signifikan pada masa kolonial; serta (4) tersedianya data akademik dan dokumentasi visual yang memadai dan dapat diverifikasi. Kelima kawasan terpilih merepresentasikan keragaman konteks historis, geografis, etnis, dan fungsi kawasan kota lama di Indonesia secara seimbang.

Operasional Variabel

Sebelum analisis dilakukan setiap variabel tipologi fasade didefinisikan secara operasional untuk memastikan konsistensi dan keterbandingan pembacaan lintas kawasan. Pemilihan kelima variabel ini terdiri atas; gaya arsitektur, komposisi bukaan, material fasade,

elemen dekoratif, dan bentuk atap yang didasarkan pada tiga pertimbangan: (1) secara teoritis, kelima variabel ini merupakan komponen pembentuk karakter fasade yang paling terukur dan dapat dibandingkan antar bangunan maupun antar kawasan [2]; (2) secara metodologis, kelima variabel ini telah digunakan secara konsisten dalam penelitian tipologi fasade kontemporer di berbagai konteks termasuk di Eropa [9] dan Asia Tenggara [12],[13]; dan (3) secara operasional kelima variabel ini dapat diidentifikasi secara sistematis dari data sekunder berupa dokumentasi visual dan deskripsi tekstual akademik [26]. Seluruh definisi operasional dan indikator pengamatan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Variabel Analisis Tipologi Fasade

Variabel	Definisi Operasional	Indikator Pengamatan
Gaya Arsitektur	Langgam visual dominan yang dapat diidentifikasi berdasarkan periode historis dan karakteristik bentuk formal bangunan [2],[9]	Identifikasi nama langgam (Kolonial, Art Deco, Indische, Neo-Gothic, Nieuwe Bouwen); elemen pembentuk karakter langgam; periode historis
Komposisi Bukaan	Pola, proporsi, dan susunan elemen bukaan (pintu dan jendela) pada bidang fasade. [2],[3],[9]	Jumlah bukaan per lantai; pola susunan (simetris/asimetris); proporsi solid-void; jenis bukaan (kotak, lengkung, horizontal); material kusen
Material Fasade	Bahan bangunan yang digunakan pada bidang fasade, mencakup material struktur, penutup, dan finishing [2],[9]	Jenis material dominan (bata, plester, kayu, kaca, logam, aluminium); pola finishing; kombinasi material
Elemen Dekoratif	Ornamen dan detail arsitektur yang diterapkan pada permukaan fasade sebagai elemen estetis [2],[9]	Keberadaan dan jenis ornamen (gevel, pilaster, lis profil, kolom, railing, ukiran); tingkat kompleksitas (sederhana/elaboratif); posisi pada fasade
Bentuk Atap (Tampak Depan)	Profil atap yang terlihat dari tampak depan bangunan, termasuk skyline yang dibentuknya pada koridor kawasan [6],[16],[9]	Tipe atap (pelana, perisai, limas, datar/parapet, overhanging gable, kubah); sudut kemiringan; elemen puncak (ridgeline, kubah, menara)

Tabel di atas menunjukkan bahwa setiap variabel tidak hanya didefinisikan secara konseptual tetapi juga dijabarkan ke dalam indikator pengamatan yang dapat diidentifikasi langsung dari data visual dan deskripsi tekstual. Pendekatan operasionalisasi variabel memungkinkan analisis yang konsisten dan dapat direplikasi pada kawasan lain di luar kelima kawasan yang dikaji dalam penelitian ini [9, 26].

Analisis Data

Analisis data dilakukan melalui enam tahapan sistematis sebagaimana disajikan pada Tabel 3. Tahap pertama adalah pengumpulan dan seleksi data sesuai kriteria yang ditetapkan. Tahap kedua adalah reduksi data, yakni ekstraksi informasi elemen fasade dari setiap sumber sesuai lima variabel operasional pada Tabel 2. Tahap ketiga merupakan inti mekanisme validitas penelitian ini yaitu triangulasi sumber: setiap elemen fasade per-kawasan dikonfirmasi menggunakan minimal dua referensi akademik yang berbeda. Apabila terdapat perbedaan deskripsi antar referensi, data visual dari jurnal sumber digunakan sebagai

konfirmasi akhir. Pendekatan ini sesuai dengan prinsip validitas dalam penelitian kualitatif arsitektur berbasis data sekunder [26].

Tahap keempat adalah analisis tipologi (peer debriefing) : hasil triangulasi dari setiap kawasan didiskusikan bersama seluruh anggota tim peneliti untuk memastikan konsistensi interpretasi antar variabel dan antar kawasan. Peer debriefing merupakan mekanisme kesepakatan yang tepat untuk penelitian kualitatif berbasis data sekunder yang berbeda dari inter-coder reliability yang mensyaratkan pengkodean independen atas data primer. Melalui diskusi tim setiap ketidakkonsistenan interpretasi diselesaikan sebelum tahap analisis komparatif dimulai. Sebagai contoh proses triangulasi dan peer debriefing: pada kawasan Glodok, profil atap 'overhanging gable (Tionghoa)' dikonfirmasi dari deskripsi Tiffani & Alimin [18], divalidasi secara visual dari dokumentasi bangunan yang dikuatkan oleh perbandingan morfologis Rangkuty & Widyastuti [12], lalu disetujui konsensusnya oleh seluruh tim peneliti dalam sesi peer debriefing.

Tabel 3. Diagram Alur Penelitian

Tahap	Kegiatan	Luaran
1. Pengumpulan Data	Seleksi literatur dan data visual akademik berdasarkan 4 kriteria kawasan dan 2 kriteria data visual	Korpus data terverifikasi: min. 2 referensi tekstual + 2 referensi visual per kawasan
2. Reduksi Data	Ekstraksi informasi elemen fasade dari setiap sumber sesuai 5 variabel operasional (Tabel 2)	Lembar ekstraksi data per kawasan per variabel (5 kawasan $\times$ 5 variabel = 25 sel data)
3. Triangulasi Sumber	Konfirmasi silang hasil ekstraksi antara min. 2 referensi berbeda per kawasan; bila berbeda, data visual dijadikan konfirmasi akhir	Konsensus tipologi per variabel per kawasan yang tervalidasi lintas sumber
4. Analisis Tipologi (<i>Peer Debriefing</i>)	Identifikasi pola dominan per kawasan dari hasil triangulasi; konstruksi matriks tipologi fasade untuk memastikan konsistensi interpretasi antar variabel	Matriks tipologi fasade 5 kawasan (Tabel 4)
5. Analisis Komparatif	Penyusunan matriks komparatif tipologi lintas kawasan; identifikasi 4 faktor pembentuk perbedaan	Matriks tipologi (Tabel 4) dan matriks komparatif (Tabel 5)
6. Interpretasi & Rekomendasi	Penarikan makna dari pola komparatif; penyusunan implikasi pelestarian per tipe kawasan	Sintesis 5 karakter visual; 4 faktor pembentuk; rekomendasi pelestarian

Tahap kelima adalah analisis komparatif melalui penyusunan matriks tipologi lintas kawasan dan identifikasi faktor pembentuk perbedaan. Tahap keenam adalah interpretasi dan penyusunan implikasi pelestarian per-tipe kawasan. Keseluruhan alur ini memastikan bahwa setiap tipologi yang dihasilkan dapat ditelusuri balik ke sumber akademik yang spesifik dan tervalidasi melalui konfirmasi silang bukan bergantung pada penilaian subjektif satu peneliti saja.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakter Tipologi Fasade Kawasan Glodok, Jakarta

Kawasan Glodok menampilkan fasade ruko dengan kompleksitas akulturatif tertinggi di antara kelima kawasan. Tampilan simetris pada jendela dan pintu, kehadiran balkon dengan railing bermotif, serta penggunaan kayu dan bata-plester menjadi ciri utama yang berpadu dengan atap overhanging gable dengan profil khas arsitektur Tionghoa yang menjulur ke depan bidang fasade. Sintesis tiga tradisi visual berbeda dalam satu tipologi fasade menghasilkan karakter yang tidak dijumpai di kawasan perdagangan historis lain di Indonesia [18]. Dalam perspektif morfologi perkotaan akulturasi visual pada fasade ruko Glodok merupakan lapisan historis (historical layering) yang merekam proses migrasi dan percampuran budaya selama berabad-abad [17].



Gambar 1. Fasade ruko representatif kawasan Glodok, Jakarta.

Implikasi pelestarian: elemen overhanging gable, railing balkon bermotif, dan proporsi bukaan simetris merupakan komponen kritis yang rentan hilang akibat modernisasi. Panduan konservasi kawasan Glodok perlu secara eksplisit melindungi ketiga elemen tersebut sebagai komponen fasade yang tidak tergantikan.

Karakter Tipologi Fasade Kota Lama, Semarang

Kota Lama Semarang menghadirkan karakter fasade kolonial Belanda yang paling monumental dan kohesif di antara kelima kawasan. Ritme bukaan jendela yang berulang, komposisi kolom-balok yang terekspos, dan penggunaan lengkung pada jendela membangun kesan simetris dan tertib yang mencirikan arsitektur kekuasaan kolonial [21]. Gereja Blenduk dengan kubahnya berfungsi sebagai focal point skyline yang memperkuat karakter monumental kawasan secara menyeluruh [22]. Dibandingkan dengan Kayutangan yang heterogen, Kota Lama Semarang memperlihatkan homogenitas tipologi fasade tertinggi yang mencerminkan perencanaan kolonial terpusat dalam rentang waktu yang relatif singkat. Kawasan bersejarah dengan homogenitas morfologi tinggi memiliki vitalitas yang lebih mudah dipertahankan karena karakter visualnya lebih mudah dikenali dan dikelola [11].



Gambar 2. Fasade representatif Kota Lama Semarang.

Ritme bukaan, kolom, dan balok serta penggunaan skala monumental pada fasade Kota Lama Semarang secara konsisten mencerminkan karakter visual kawasan yang teratur. Kesatuan tipologi ini dideskripsikan sebagai *continuity of facade* dalam membentuk koridor kawasan yang menciptakan kesan visual yang kuat dan kohesif.

Karakter Tipologi Fasade Jalan Kembang Jepun, Surabaya

Jalan Kembang Jepun memperlihatkan tipologi ruko kolonial-Indische dengan orientasi dominan pada fungsi komersial dan adaptasi iklim tropis. Pintu lebar dan jendela kotak menjadi elemen bukaan utama, sementara beberapa bangunan telah menambahkan rolling door sebagai respons terhadap kebutuhan kontemporer. Material bata-plester dengan variasi warna cat, kusen kayu, dan elemen logam pada pintu mendominasi permukaan fasade. Elemen dekoratif sangat minimalis berupa gevel atau pilaster datar dan atap pelana merupakan profil paling konsisten di sepanjang koridor. Tipologi ini terbentuk dari adaptasi bangunan perdagangan bergaya Eropa terhadap iklim tropis lembab dan tuntutan fungsional lokal yang pragmatis [5, 20]. Berbeda dari Glodok yang juga merupakan kawasan perdagangan ruko, Kembang Jepun tidak menampilkan kerumitan akulturasi visual yang setara. Perbedaan ini berkaitan erat dengan komposisi etnis kawasan: Glodok didominasi komunitas Tionghoa yang secara konsisten mempertahankan elemen visual tradisional sementara Kembang Jepun bersifat lebih lintas-etnis dengan prioritas pada efisiensi fungsi dagang [27-29].



Gambar 3. Fasade representatif bangunan cagar budaya di Jalan Kembang Jepun, Surabaya.

Secara komposisional, pintu yang lebar memaksimalkan sirkulasi udara silang sekaligus kemudahan akses barang dagangan sementara atap pelana dengan kemiringan sedang memungkinkan drainase air hujan yang efisien. Kedua elemen ini bukan sekadar pilihan estetik melainkan solusi arsitektural yang terukur untuk iklim tropis lembab. Meskipun sejumlah adaptasi modern telah mengubah detail lapisan fasade historis tetap membentuk karakter visual yang berkesinambungan dan merepresentasikan kawasan perdagangan yang telah aktif sejak era kolonial.

Karakter Tipologi Fasade Kawasan Braga, Bandung

Koridor Braga menampilkan Art Deco yang paling konsisten dan terpadu di antara seluruh kawasan yang dikaji. Art Deco adalah gaya arsitektur dan seni dekoratif yang berkembang pada 1920–1940-an yang dicirikan oleh garis geometris tegas, ornamen streamline, penggunaan material modern, dan komposisi fasade yang menekankan vertikalitas maupun horizontalitas secara bersamaan. Pada tipe streamline yang dominan di Braga penekanan justru pada garis horizontal dengan permukaan plester semen dan cat pastel terang yang menghasilkan tampilan bersih, dan modern [21]. Tipologi Art Deco Braga berbagi sejumlah fitur dengan fasade bangunan publik Art Deco di Eropa yang dikaji

Jablonska et al. [9], terutama dalam penggunaan ornamen horizontal geometris dan parapet datar. Namun adaptasi Braga terhadap konteks tropis yang terlihat dari overstek atap yang lebih dalam dan ketebalan material plester sebagai insulasi panas merupakan modifikasi lokal yang membedakan tipologi ini dari model Eropa murni dan menjadikannya ekspresi Art Deco yang otentik dalam konteks iklim Indonesia.



Gambar 4. Fasade representatif koridor Braga, Bandung.

Tipologi Art Deco streamline pada fasade Braga membentuk koridor dengan karakter visual yang sangat kohesif dan distingtif. Permainan garis horizontal, bentuk geometris, serta dominasi parapet datar menciptakan ritme fasade yang kuat di sepanjang koridor. Hal ini sesuai dengan prinsip bahwa homogenitas tipologi fasade pada koridor perkotaan menciptakan ruang jalan yang terdefinisi dengan baik secara visual. Fasade Braga merepresentasikan karakter arsitektural kawasan yang mencerminkan perkembangan arsitektur internasional dalam konteks tropis Indonesia.

Karakter Tipologi Fasade Kawasan Kayutangan, Malang

Koridor Kayutangan memperlihatkan keberagaman tipologi fasade tertinggi di antara kelima kawasan. Tiga langgam berbeda hadir secara bersamaan: bangunan kolonial dengan bukaan ritmis dan material bata-plester; kompleks keagamaan bergaya Neo-Gothic dengan segitiga lancip dan menara vertikal; serta bangunan Nieuwe Bouwen yang merupakan gerakan arsitektur modern awal abad ke-20 yang menekankan konstruksi rasional dengan penggunaan material industri (kaca, beton, baja), dan penolakan total terhadap ornamen historis dengan dinding kaca aluminium yang kontras tajam terhadap tekstur bata di sekitarnya [23, 26]. Keberagaman ini mencerminkan morphological complexity [6] yang terbentuk dari tiga gelombang pembangunan berbeda: kolonial Belanda (abad ke-19 hingga awal abad ke-20), Neo-Gothic religius (awal abad ke-20), dan modern pasca-kemerdekaan. Berbeda dari Novrial & Rangkuti [13] yang menemukan diferensiasi tipologi berdasarkan periode di koridor Medan, Kayutangan menampilkan koeksistensi ketiga periode tersebut dalam satu koridor secara bersamaan menciptakan kompleksitas yang jauh lebih tinggi.

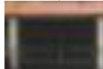


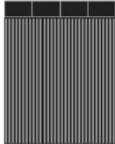
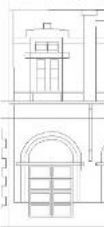
Gambar 5. Fasade representatif kawasan Kayutangan, Malang.

Implikasi pelestarian: heterogenitas Kayutangan adalah karakter yang perlu dikelola bukan diseragamkan. Pendekatan yang tepat adalah zonasi morfologis yang menetapkan perlindungan khusus untuk masing-masing langgam secara terpisah sekaligus mengatur transisi visual antar zona agar tidak terjadi gesekan tipologi yang merusak.

Berikut matriks tipologi fasade pada lima kawasan kota lama berdasarkan aspek variable disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Matriks Tipologi Fasade pada Lima Kawasan Kota Lama di Indonesia

Kota	Gaya	Dominasi Bukaan	Dominasi Material	Ornamen/ Dekoratif	Dominasi Bentuk Atap (Tampak Depan)
Jakarta (Glodok)	Akulturasasi Cina- Betawi-Barat; neo-klasik sederhana 	Simetris; balkon; jendela pintu ritmis 	Kayu,  Bata-plester  Logam 	Railing balkon;  Gevel 	Overhanging gable (Tionghoa) 
Bandung (Braga)	Art Deco ; garis horizontal (streamline) 	Kaca Lebar: solid-void 	Kayu, bata- plester, logam 	Geometris/ streamline 	Atap Datar/parapet 
Surabaya (K. Jepun)	Kolonial- Indische 	Pintu lebar (rolling door), 	Bata-plester, Dengan variasi warna dinding 	Gevel/pilaster datar sederhana 	Atap Pelana 

					
		Jendela kotak,			
					
Semarang (Kota Lama)	Kolonial; ekspresif kolom-balok	Jendela berulang dan Sebagian berbentuk lengkung	Bata-plester, kaca	Gevel	Atap Pelana/perisai;
					
					
					
					
Malang (Kayutangan)	Kolonial, Neo-Gothic, Nieuwe Bouwen/modern	Bukaan besar (toko),	Kayu, bata-plester,	Gevel, modern minim ornament	Limas atau pelana parapet (modern)
					
			kaca, aluminium		
		kaca permanen (kantor)			
					

Analisis Komparatif Karakter Visual Fasade

Hasil analisis komparatif menunjukkan bahwa perbedaan karakter visual fasade yang teridentifikasi pada lima kawasan menunjukkan bahwa tipologi bangunan tidak hanya

dipengaruhi oleh gaya arsitektur tetapi juga merupakan hasil interaksi antara sejarah perkembangan kawasan, fungsi dominan, proses akulturasi budaya, adaptasi terhadap iklim tropis, serta dinamika pembangunan kota. Faktor-faktor tersebut saling berinteraksi sehingga menghasilkan karakter tipologi fasade yang berbeda pada masing-masing kawasan. Oleh karena itu analisis komparatif tidak hanya mengidentifikasi perbedaan elemen fisik fasade tetapi juga menjelaskan latar belakang yang membentuk variasi karakter visual antar kawasan. Berdasarkan hasil analisis tipologi dapat diidentifikasi lima karakter visual fasade yang dominan pada kelima kawasan kota lama sebagai berikut.

Kelima kawasan menghasilkan karakter visual yang distingtif dan dapat dibedakan secara konsisten. Karakter akulturatif-komersial Glodok terbentuk dari pertemuan tiga tradisi visual lintas generasi [17, 18]. Karakter modern-geometris Braga lahir dari adopsi konsisten Art Deco streamline internasional pada seluruh koridor [9, 19]. Karakter monumental-teratur Kota Lama Semarang merupakan cerminan arsitektur pemerintahan kolonial Belanda yang menekankan simetri dan skala [11, 21]. Karakter fungsional-tropis Kembang Jepun mencerminkan prioritas pragmatis aktivitas perdagangan terhadap kondisi iklim [20, 28]. Karakter heterogen-dinamis Kayutangan merupakan akibat koeksistensi tiga langgam berbeda dalam satu koridor yang tumbuh dalam beberapa periode [23-24].

Perbedaan karakter fasade antar kawasan dapat dijelaskan melalui empat faktor yang saling berinteraksi. Pertama, fungsi kawasan: kawasan dengan fungsi tunggal yang dominan (perdagangan atau pemerintahan) menghasilkan tipologi yang lebih homogen, sedangkan kawasan multi-fungsi seperti Kayutangan menghasilkan keberagaman tipologi yang tinggi. Kedua, intensitas akulturasi budaya: semakin banyak tradisi yang berinteraksi di suatu kawasan, semakin kompleks elemen-elemen fasadenya yang dibuktikan pada perbandingan Glodok (tiga tradisi, kompleksitas tinggi) dengan Kembang Jepun (satu tradisi dominan, kompleksitas rendah). Ketiga, keterbukaan terhadap gaya internasional: kota yang lebih terbuka terhadap pengaruh global menghasilkan tipologi yang lebih beragam dari pakem Kolonial murni, seperti Art Deco di Braga atau Neo-Gothic dan Nieuwe Bouwen di Kayutangan. Keempat, periode dan pola pertumbuhan: kawasan yang berkembang dalam rentang waktu singkat dan terencana (Kota Lama Semarang) menghasilkan kohesivitas tipologi yang jauh lebih tinggi daripada kawasan yang tumbuh organik dalam beberapa gelombang (Kayutangan).

Dari hasil analisis komparatif, terdapat beberapa temuan lintas kawasan yang signifikan. Temuan ini menghasilkan implikasi praktis yang berbeda untuk setiap tipe kawasan. Bagi kawasan bertipologi kohesif (Braga, Kota Lama Semarang), rekomendasi utama adalah penyusunan facade guidelines yang mengatur warna, proporsi bukaan, material, dan profil atap secara spesifik untuk bangunan baru maupun renovasi. Bagi kawasan bertipologi heterogen (Kayutangan), zonasi morfologis yang melindungi setiap langgam secara terpisah lebih tepat daripada memaksakan keseragaman visual. Bagi kawasan dengan nilai akulturasi tinggi (Glodok), dokumentasi sistematis elemen-elemen fasade akulturatif perlu diprioritaskan sebelum modernisasi menghapusnya. Matriks tipologi yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat berfungsi sebagai checklist evaluasi kondisi fasade dalam program monitoring berkala kawasan kota lama oleh pemerintah daerah.

Dari tampilan visual dan komposisi dapat disimpulkan bahwa karakter tipologi fasade di kawasan kota lama Indonesia mencerminkan kolaborasi antara budaya lokal, kolonial, dan modernitas.

Tabel 5: Matriks Komparatif Karakter Visual Fasade pada Lima Kawasan Kota Lama

Kawasan	Gaya Arsitektur Dominan	Elemen Bukaannya Dominan	Bentuk Atap Dominan	Karakter Visual Fasade
Glodok, Jakarta	Akulturasasi Tionghoa- Betawi-Barat	Simetris; balkon ber-railing	Overhanging gable (Tionghoa)	Akulturatif-komersial; perpaduan tiga tradisi visual
Braga, Bandung	Art Deco (Streamline)	Kaca lebar; horizontal memanjang	Parapet datar	Modern-geometris; ekspresi modernitas kolonial akhir
Kota Lama, Semarang	Kolonial monumental	Ritmis; berulang; sebagian lengkung	Pelana/perisai; kubah ikonik	Monumental-teratur; mencirikan kawasan pusat pemerintahan kolonial
Kayutangan, Malang	Kolonial; Neo- Gothic; Nieuwe Bouwen	Variatif sesuai fungsi bangunan	Pelana; limas; parapet (modern)	Heterogen-dinamis; mencerminkan perkembangan bertahap multi-periode
Kembang Jepun, Surabaya	Kolonial-Indische	Pintu lebar; jendela kotak	Atap pelana	Fungsional-tropis; adaptasi ruko komersial terhadap iklim dan fungsi dagang

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kawasan kota lama di Indonesia memiliki karakter tipologi fasade bangunan yang beragam dan dipengaruhi oleh faktor historis, budaya, serta fungsi kawasan. Melalui pendekatan komparatif berbasis matriks tipologi terhadap lima kawasan kota lama Glodok, Braga, Kembang Jepun, Kota Lama Semarang, dan Kayutangan ditemukan adanya perbedaan karakter visual fasade yang dapat dikenali secara sistematis melalui lima variabel: gaya arsitektur, komposisi bukaan, material, elemen dekoratif, dan bentuk atap.

Hasil analisis mengidentifikasi lima karakter visual fasade yang distingtif: (1) akulturatif-komersial pada Glodok yang merekam perpaduan tradisi visual Tionghoa, Betawi, dan Barat; (2) modern-geometris pada Braga yang mencerminkan adopsi gaya Art Deco streamline internasional; (3) fungsional-tropis pada Kembang Jepun dengan dominasi ruko kolonial-Indische yang adaptif terhadap iklim; (4) monumental-teratur pada Kota Lama Semarang yang merepresentasikan arsitektur pemerintahan kolonial Belanda; dan (5) heterogen-dinamis pada Kayutangan. Perbedaan tersebut dijelaskan melalui empat faktor: fungsi kawasan, intensitas akulturasi budaya, keterbukaan terhadap gaya internasional, serta periode dan pola pertumbuhan kawasan.

Kontribusi teoritis penelitian ini adalah pengembangan kerangka matriks komparatif tipologi fasade yang terstandarisasi dan dapat direplikasi pada kawasan kota lama lainnya. Secara praktis, matriks tipologi ini dapat digunakan sebagai: (1) instrumen monitoring kondisi fasade untuk pemerintah daerah; (2) dasar penyusunan fasade *guidelines* berbasis karakter tipologi dominan; (3) panduan zonasi morfologis bagi perencanaan kota; dan (4) kerangka evaluasi dampak pembangunan baru terhadap karakter visual kawasan bersejarah. Bagi penelitian selanjutnya disarankan mengintegrasikan survei lapangan dan data primer untuk memperkaya interpretasi tipologi fasade dengan memperluas cakupan kawasan

penelitian pada kota-kota lain di Indonesia serta mengembangkan instrumen klasifikasi yang lebih sistematis guna meningkatkan konsistensi analisis komparatif.

REFERENSI

- [1]. Rapoport, *The Meaning of the Built Environment: A Nonverbal Communication Approach*. Arizona: University of Arizona Press, 1982.
- [2]. P. Salura, *Tipologi Arsitektur: Pendekatan dan Aplikasi*. Bandung: Penerbit ITENAS, 2005.
- [3]. R. Krier, *Urban Space*. London: Academy Editions, 1979.
- [4]. J. Prijotomo, *Arsitektur dan Budaya*. Surabaya: Petra Christian University Press, 2009.
- [5]. Handinoto, *Perkembangan Kota dan Arsitektur Kolonial Belanda di Surabaya 1870-1940*. Yogyakarta: Penerbit Andi, 1996.
- [6]. M. R. G. Conzen, *Alnwick, Northumberland: A Study in Town-Plan Analysis*. London: Institute of British Geographers, 1960.
- [7]. Y. M. Ardiani, *Insertion Menambah Tanpa Merobohkan*. Surabaya: Wastu Lanas Grafika, 2009.
- [8]. P. J. Larkham, *Conservation and Changing Urban Form*. London: Pinter, 1996.
- [9]. J. Jabłońska, M. Telesińska, A. Adamska, and J. Gronostajska, "The architectural typology of contemporary façades for public buildings in the European context," *Arts*, vol. 11, no. 1, p. 11, 2022.
- [10]. K. Kropf, "Aspects of urban form," *Urban Morphology: Journal of the International Seminar on Urban Form*, vol. 13, no. 2, pp. 105-120, 2009.
- [11]. J. Wu, Y. Lu, H. Gao, and M. Wang, "Cultivating historical heritage area vitality using urban morphology approach based on big data and machine learning," *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 91, p. 101716, 2022.
- [12]. G. I. U. Rangcuty and D. T. Widyastuti, "Architectural typology of the Malay Chinatown facade (Case: Perniagaan Street, Bagansiapiapi)," *International Journal of Architecture and Urbanism*, vol. 3, no. 1, pp. 95-110, 2019.
- [13]. Novrial and W. K. Rangcuti, "Shophouses façade typology on corridor of Gagak Hitam and A.H. Nasution Street," *International Journal of Architecture and Urbanism*, vol. 7, no. 1, pp. 119-128, 2023.
- [14]. B. M. Feilden, *Conservation of Historic Buildings*, 3rd ed. Oxford: Architectural Press, 2003.
- [15]. A. B. Adrian, H. T. Fachrudin, and A. D. Nasution, "Fasade typology analysis: Case study Kesawan Street, Indonesia," *International Journal of Education and Social Science Research*, vol. 4, no. 6, pp. 144-156, 2021.
- [16]. W. Attoe and D. Logan, *American Urban Architecture: Catalysts in the Design of Cities*. Berkeley: University of California Press, 1989.
- [17]. P. J. M. Nas, *Cities in South-East Asia: Towns, Symbols and Power*. London: Routledge, 2011.
- [18]. Tiffani and N. N. Alimin, "Cultural acculturation study of visual form of facades and spatial organization of Glodok's shophouses, Jakarta Barat, Indonesia," *Journal of Architectural Design and Urbanism*, vol. 5, no. 2, pp. 72-85, 2023.
- [19]. D. D. Tantarto, R. Geraldi, H. Setiawan, F. P. Anggono, and A. Qusyairy, "Relevansi aspek kontekstualitas bangunan Braga Citywalk terhadap koridor Jalan Braga," *Jurnal Arsitektur Reka Karsa*, vol. 6, no. 3, pp. 1-14, 2018.
- [20]. E. E. Saputra and S. Raidi, "Tipologi fasad bangunan rumah toko di Jalan Kembang Jepun, Surabaya," in *Prosiding Seminar Ilmiah Arsitektur (SIAR IV)*, Universitas Muhammadiyah Jakarta, 2023, pp. 289-296.
- [21]. D. W. Setiawan, A. B. Sardjono, R. S. Rukayah, and B. I. R. Harsritanto, "Ritme dan kesatuan pada fasade bangunan utama bersejarah (Kawasan Benteng Kota Lama Semarang)," *Jurnal Vitruvian: Jurnal Arsitektur, Bangunan, dan Lingkungan*, vol. 10, no. 1, pp. 22-34, 2020.
- [22]. G. I. G. Mandaka, R. Sardjono, A. B. Sardjono, and B. I. R. Harsritanto, "Karakteristik Visual Kawasan Kota Lama Semarang," *ALUR: Jurnal Arsitektur*, vol. 11, no. 1, pp. 22-30, 2023.
- [23]. R. Piutanti, "Typology of facade building in Kayu Tangan Street corridor, Malang City," *Local Wisdom Scientific Online Journal*, vol. 11, no. 2, pp. 107-120, 2019.

- [24] A. R. Kristiawan and A. Pratiwi, "Karakteristik Arsitektur Kolonial di Kawasan Kayutangan Heritage Malang," *Jurnal Arsitektur NALARs*, vol. 21, no. 2, pp. 110-122, 2022.
- [25] J. W. Creswell, *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 4th ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2014.
- [26] L. Groat and D. Wang, *Architectural Research Methods*, 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 2013.
- [27] T. Seprianto, A. B. Adrian, V. Viriezky, and P. J. Megawati, "Kajian elemen-elemen pembentuk citra kota berdasarkan Cognitive Mapping," *Journal of Infrastructural in Civil Engineering (JICE)*, vol. 6, no. 1, pp. 22-44, 2025.
- [28] R. D. W. Putra, "Identifikasi kelestarian kawasan kota lama melalui proteksi bangunan cagar budaya oleh Pemerintah Kota Surabaya," *Jurnal Pengembangan Kota*, vol. 4, no. 2, pp. 139-150, 2016.
- [29] A. Bashiroh, M. M. Musthofa, and D. Y. Abidah, "Revitalisasi kawasan Kembang Jepun 'Kya-Kya' Surabaya dengan pendekatan lima elemen citra kota Kevin Lynch," *Sebatik*, vol. 26, no. 2, pp. 814-822, 2022.